

**PCT**ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE  
Bureau international

## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> :</b> <b>C13D 1/08</b>	<b>A1</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 99/64634</b> <b>(43) Date de publication internationale:</b> 16 décembre 1999 (16.12.99)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR99/01368 <b>(22) Date de dépôt international:</b> 9 juin 1999 (09.06.99) <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 98/07368 11 juin 1998 (11.06.98) FR <b>(71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> ERIDANIA BEGHIN-SAY [FR/FR]; 12, rue Joseph Béghin, Boîte postale 1, F-59239 Thumeries (FR). <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement):</b> ESTHIAGHI, Mohammad, Naghi [IR/DE]; Rubenstrasse 30, D-12159 Berlin (DE). KNORR, Dieter [AT/DE]; Alsterweg 58, D-14167 Berlin (DE). <b>(74) Mandataires:</b> GROSSET-FOURNIER, Chantal etc.; Grosset-Fournier & Demachy S.A.R.L., 20, rue de Maubeuge, F-75009 Paris (FR).		<b>(81) Etats désignés:</b> AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).  <b>Publiée</b> <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>
<b>(54) Title:</b> METHOD FOR TREATING SUGAR BEET <b>(54) Titre:</b> PROCEDE DE TRAITEMENT DES BETTERAVES SUCRIERES <b>(57) Abstract</b> <p>The invention relates to a method for treating sugar beet. The inventive method consists in treating sugar beet or pieces of sugar beet with an electric field, followed by extraction and/or pressing. The method combines treatment of said sugar beet in mild conditions with a high sugar yield that contains a low amount of impurities.</p> <b>(57) Abrégé</b> <p>L'invention décrit un procédé pour le traitement des betteraves sucrières. Le procédé comprend le traitement de betteraves sucrières ou de morceaux de ces betteraves avec un champ électrique, suivi par une extraction et/ou un pressage. Le procédé combine des conditions douces de traitement des betteraves sucrières avec un rendement élevé en sucre contenant une faible quantité d'impuretés.</p>		

## VERFAHREN ZUR VERARBEITUNG VON ZUCKERRÜBEN

### Geltungsbereich der Erfindung

Diese Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verarbeitung von Zuckerrüben. Das Verfahren umfasst die Behandlung von ganzen oder in Stücke geschnittenen Zuckerrüben mit einem elektrischen Feld, auf die eine Extraktion und/oder ein Pressvorgang folgt. Das Verfahren vereinigt sanfte Verarbeitungsbedingungen für Zuckerrüben mit einer hohen Zuckerausbeute und einem geringen Anteil an Nebenprodukten.

### Hintergrund der Erfindung

Die herkömmlichen Verfahren zur Extraktion von Zucker aus Zuckerrüben umfassen eine Reihe von hauptsächlich physikalischen Etappen. Da die Zuckerrüben ungefähr dieselbe Dichte wie Wasser aufweisen, werden sie von den Lagerstapeln im Werk in Wasserzuleitungskanälen transportiert. Diese Kanäle enthalten Vorrichtungen zur Beseitigung von Steinchen, zur Trennung von Vegetationsabfällen und zum Waschen der Rüben. Nach dem Waschen werden die Rüben zu Schnitzeln zerlegt, dies sind lange, dünne Plättchen (Streifen) in V-Form oder mit quadratischem Querschnitt. Typischerweise haben die Streifen eine Dicke von 2 bis 3 mm und eine Länge von 15 cm. Der Zucker, aus dem die gesamte Rübe zu 10 bis 22% besteht, wird in einem Extraktionsapparat aus den Schnitzeln extrahiert. Die Schnitzel werden mit Wasser extrahiert, in dem sich der Zucker auflöst. Der Extraktionsprozess wird kontinuierlich in Gegenstromtechnik geführt. Im Allgemeinen wird die Extraktion so vorgenommen, dass man das heiße Wasser bei einer Temperatur von bis zu 85°C über die Rübenmasse fließen lässt. Die Temperatur wird so gewählt, dass möglichst viel Zucker extrahiert wird, ohne dabei gleichzeitig eine große Menge Verunreinigungen zu extrahieren. Wenn die Streifen entfernt werden, sollen sie möglichst nicht mehr viel Zucker enthalten. Andererseits ist es wünschenswert, dass sich im Extraktionswasser möglichst wenig nichtzuckerhaltige Bestandteile befinden, um die nachfolgenden Reinigungsetappen auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

Es gilt, ein Optimum zu finden zwischen der Ausbeute und der Reinheit. Nach der Extraktion werden die Plättchen gepresst, um den größten Teil des Extraktionswassers aufzunehmen, das sonst in der Pulpe verbleiben würde und das ebenfalls Zucker enthält.

Der Zucker in der Zuckerrübe ist in Parenchym-Zellen enthalten. Diese Zellen bestehen hauptsächlich aus einer großen Vakuole, in der die Saccharose enthalten ist, die von einer Zellwand umgeben ist, die aus ungefähr gleichen Mengen von Zellulose und Protopektin besteht. Die Wände der Vakuole sind mit Proteinen überdeckt. Wenn aufgeheizt wird, koagulieren die Proteine. Die Extraktion von Zucker aus den Zuckerrübenstreifen ist nur möglich, wenn die Zellen durchlässig gemacht worden sind. Im Allgemeinen wird die Permeabilisierung so durchgeführt, dass das Extrusionswasser auf etwa 75°C erhitzt wird. Als weitere Permeabilisierungsverfahren ist die chemische Behandlung oder die Gefrierbehandlung zu erwähnen. Mehr als ein Drittel des Rübensaftes kann extrahiert werden, ohne dass spürbar erhitzt wird, d.h. ohne Permeabilisierung. Dies ist auf den Bruch der Zellmembranen im Laufe der Zerkleinerung und auf den Effekt des Druckes zurückzuführen, der noch einmal dazu führt, dass die Zellen aufgebrochen werden und dass während des Pressvorgangs Flüssigkeit freigesetzt wird.

Es ist bekannt, wie biologische Zellen oder ihre Agglomerate zu behandeln sind, d.h. die Gewebe oder Organe, und zwar mit elektrischen Feldern, um diese zu permeabilisieren. Dieses Verfahren ist unter dem Namen „Hochpulsierendes elektrisches Feld (CEHP)“ bekannt. Dieses Verfahren wird z.B. angewandt, um im Bereich der Molekularbiologie die Absorption der DNS durch pflanzliche Zellen zu erleichtern.

Es ist anzumerken, dass eine Erhöhung der Permeabilität leicht beobachtet werden kann, wenn man die Zunahme der Leitfähigkeit des Mediums misst. Es ist ebenfalls festzustellen, dass die Zunahme der Intensität des elektrischen Felds zu einer erhöhten Permeabilität führt.

Der deutsche Patentantrag Nr. DE 3 733 927 beschreibt die Anwendung der Elektropermeabilisation zur Isolierung von sekundären Metaboliten aus pflanzlichen Kulturen. Die in diesem deutschen Patentantrag beschriebene Erfindung betrifft die Per-

meabilisierung von Zellmembranen, die suspendiert wurden und die in „freier“ Form kultiviert werden. Dabei wird spezifisch erwähnt, dass die Zellagglomerate durch Sieben aus dem Medium entfernt werden.

Außerdem wurden weitere Anwendungen des Verfahrens CEHP erwähnt. Eine Steigerung der Saftausbeute bei der Herstellung von Apfelsaft und Traubensaft wurde von Flaumenbaum berichtet (Flüss. Obst 35: 19-20 (1968)). Das Verfahren wird in diesem Artikel unter der Bezeichnung Elektro-Plasmolyse erwähnt. Geulen et al. (ZFL 45: 24-27 (1994)) haben Forschungsarbeiten zur Vorbehandlung von Karotten mit einer elektrischen Methode durchgeführt.

Der russische Patentantrag SU 1521439 beschreibt eine Behandlung mit einem elektrischen Feld, das auf Zuckerrüben angewandt wird, die in Scheiben geschnitten und vorgepresst wurden. Die Zerkleinerung in Scheiben vor der Anwendung des CEHP ergibt einen Zuckersaft, der eine eingehendere Reinigung erfordert.

Außerdem wurde erwähnt, dass auf Grund ihrer permeabilisierenden Wirkung auf die Zellmembranen die starken Impulse von elektrischen Feldern die Mikroorganismen zerstören. Die CEHP-Verfahren werden daher auch zur Sterilisation von Lebensmitteln eingesetzt, die für den menschlichen oder tierischen Verzehr bestimmt sind.

Die Vorzüge eines solchen Verfahrens liegen darin, dass es nicht notwendig ist, chemische Substanzen zuzusetzen, dass die Permeabilisierung bei Raumtemperatur durchgeführt wird und dass die Verarbeitungszeiten relativ kurz sind.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Extraktion von Zucker aus ganzen oder in Stücke geschnittenen Zuckerrüben, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) Zuckerrüben oder große Stücke dieser Zuckerrüben in Wasser mit Impulsen eines elektrischen Feldes behandelt werden,
- b) die behandelten Zuckerrüben oder Stücke davon extrahiert und/oder gepresst werden.

Die Zuckerrüben werden vollständig verwendet. Auf Grund ihrer unterschiedlichen Form kann es notwendig werden, die Größe der Rüben zu reduzieren. In einem solchen Fall werden die Rüben zerteilt oder in Scheiben geschnitten, aber die geschnittenen Stücke werden möglichst groß gehalten.

Die Erfindung enthält genaue Angaben über den Einsatz von CEHP bei Zuckerrübenstücken, die bei der Anwendung eines elektrischen Feldes mindestens die folgenden Maße haben:  $2 \times 10 \times 10$  cm (in Würfelform) oder  $2 \times 10$  cm (in Zylinderform), oder ein ähnliches Maß in jeder beliebigen anderen Form.

Fakultativ und zur Verbesserung der Möglichkeit einer intensiveren Extraktion von Zucker aus der Zuckerrübe werden die Rüben oder große Teile dieser Rüben nach der CEHP-Behandlung, die vor der Extraktion und/oder Pressung erfolgt, in Scheiben zerlegt oder zerstampft.

Bei einwandfreier Umsetzung der Erfindung wird die Extraktion und/oder der Pressvorgang des mit CEHP behandelten Materials bei einer Temperatur zwischen 0 und  $45^{\circ}\text{C}$  durchgeführt. Die CEHP-Behandlung wird unter Anwendung eines elektrischen Feldes durchgeführt, das aus starken Impulsen eines elektrischen Feldes zwischen 0,5 und 40 kV/cm und 0,025 bis 5  $\mu\text{F}$  und 1 bis 2000 Impulsen besteht.

Unter einem anderen Aspekt der Erfindung wird das CEHP-Verfahren im Laufe des Transports der Rüben in den Wasserzuleitungskanälen oder nach dem Waschen und/oder Zerkleinern der Rüben durchgeführt.

Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, dass mit der CEHP-Behandlung die Zahl der lebensfähigen Mikroorganismen, die auf dem Zucker oder der Pulpe von Rüben wachsen, reduziert wird. Dies hat zur Folge, dass das Produkt der CEHP-Behandlung länger gelagert werden kann, bevor der Zucker kristallisiert.

Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, dass vor oder nach der CEHP-Behandlung zwischen 0,5 und 40 kV/cm eine Behandlung mit Impulsen von etwa 20 bis 70 kV/cm durchgeführt wird, um die Mikroorganismen zu inaktivieren, die sonst leicht auf dem Zucker oder den Rüben wachsen könnten.

Der Pressvorgang nach der Extraktion ist dadurch gekennzeichnet, dass das Material wie folgt behandelt wird:

- a) Pressen zwischen 20 und 300 bar,
- b) Resuspension des Materials in Wasser, und fakultativ
- c) mindestens eine Wiederholung der Schritte a) und b).

Der Pressvorgang wird außerdem unter einem Druck durchgeführt, der den Einsatz einer viel geringeren Wassermenge erfordert. Dies führt zu einem kleineren Endvolumen; in einem solchen Fall erfolgt die Resuspension in Schritt b) in Wasser mit 1 : 0,25 (Rübenmaterial : Wasser) und der Pressvorgang wird ein Mal bei 300 bar während 15 Minuten wiederholt.

Zu erwähnen ist, dass das Verfahren gemäß der Erfindung auch auf die Isolierung von Inulin aus Pflanzen des Typs *Cichorium intybus* angewandt werden kann.

#### Kurzbeschreibung der Abbildungen

Abbildung 1 zeigt den Grad der Permeabilisierung der Zuckerrübenzylinder in Abhängigkeit von der Spannung der Impulse ( $Z_p = 1$  entspricht einer kompletten Permeabilisierung der Zellen).

Abbildung 2 zeigt den Grad der Permeabilisierung der Zuckerrübenzylinder in Abhängigkeit von der Zahl der Impulse.

Abbildung 3 zeigt den Grad der Permeabilisierung der Zuckerrübenzylinder in Abhängigkeit von der Kapazität des Kondensators.

Abbildung 4 zeigt den Grad der Permeabilisierung der Zuckerrübenzylinder in Abhängigkeit von der Impulsfrequenz.

Abbildung 5 zeigt den Grad der Permeabilisierung der Zuckerrübenzylinder in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit des Wässerungsmediums.

Abbildung 6 zeigt den Grad der Permeabilisierung der Zuckerrübenzyylinder in Abhängigkeit von der Temperatur bei nicht behandelten Rüben, und einen einzigen Wert bei Rüben, die mit 20 Impulsen von 10 kV behandelt wurden (1 Hz, Kapazität des Kondensators 5  $\mu$ F).

Abbildung 7 zeigt den Einfluss einer Wärmebehandlung von einer Stunde auf das Gefüge von Rübenzyllindern, die mit CEHP und mit Wärme behandelt wurden.

Abbildung 8 zeigt den Einfluss einer CEHP-Behandlung im Vergleich zu einer Wärmebehandlung auf den Gewichtsanteil an Trockensubstanz (Brix), die Reinheit und den Saccharosegehalt des Rohsaftes nach der kontinuierlichen Extraktion.

Abbildung 9 zeigt den Einfluss einer CEHP-Behandlung im Vergleich zur Wärmebehandlung auf den Gewichtsanteil an Trockensubstanz, die Reinheit und den Saccharosegehalt des gepressten Saftes nach einer kontinuierlichen Extraktion.

Abbildung 10 zeigt den Einfluss einer CEHP-Behandlung im Vergleich zur Wärmebehandlung auf den Gewichtsanteil an Trockensubstanz, die Reinheit und den Saccharosegehalt des extrahierten Saftes nach 3 Extraktionen.

Abbildung 11 zeigt den Einfluss einer CEHP-Behandlung im Vergleich zu einer Wärmebehandlung auf die Reinheit und den Saccharoseanteil des gepressten Saftes nach 3 Extraktionen.

Abbildung 12 zeigt den Einfluss der CEHP-Behandlung bei 20°C auf den rohen Saft nach 3 Extraktionen aus dünnen Rübenscheiben.

Abbildung 13 zeigt den Einfluss der CEHP-Behandlung auf die Saccharoseausbeute nach einer einmaligen Extraktion.

Abbildung 14 zeigt den Einfluss der CEHP und der mit Wärme behandelten, gepressten und ein Mal extrahierten Rübenscheiben auf die Trocknung.

Abbildung 15 zeigt die Ausbeute und Reinheit des Safts von drei Mal gepressten Rübenscheiben.

Abbildung 16 zeigt die Ausbeute und Reinheit des Saftes von zwei Mal gepressten Rübenscheiben.

Abbildung 17 zeigt die Ausbeute und Reinheit des Saftes von zwei Mal gepressten, dünnen Rübenscheiben.

Abbildung 18 zeigt die Ausbeute und Reinheit des Saftes aus zerstampftem und zwei Mal gepresstem Rübenmaterial.

Abbildung 19 zeigt die Ausbeute und Reinheit des Saftes von ein Mal gepressten Rübenscheiben.

Abbildung 20 zeigt die Ausbeute und Reinheit des Saftes von dünnen, ein Mal gepressten Rübenscheiben.

Abbildung 21 zeigt die Ausbeute und Reinheit zeigt die Ausbeute und Reinheit eines zerstampften und ein Mal gepressten Rübenmaterials.

Abbildung 22 zeigt die Trocknungszeit der Restpulpe, die man nach einer CEPH-Behandlung gemäß der Erfindung erhält, im Vergleich zu einer Restpulpe, die man nach einer Behandlung mit dem herkömmlichen Wärmeverfahren zur Extraktion nach dem vorherigen Stand der Technik erhält.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Diese Erfindung beschreibt ein vorteilhaftes Verfahren zur Extraktion von Zucker aus Zuckerrüben oder Stücken dieser Zuckerrüben. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass

- a) Zuckerrüben oder große Stücke dieser Rüben in Wasser mit Impulsen eines elektrischen Feldes behandelt werden,



- b) die behandelte Zuckerrübe oder Stücke dieser Rübe extrahiert und/oder gepresst werden.

Es kann vorteilhaft sein, die Rüben oder Stücke von Rüben in Scheiben zu schneiden oder zu zerstampfen, bevor extrahiert wird. Die Extraktion wird bei einer Temperatur unter 45°C geführt, vorzugsweise liegt die Temperatur zwischen 0 und 45°C.

→ hier ab

Es werden ganze Zuckerrüben verwendet. Auf Grund der unterschiedlichen Form kann es notwendig werden, die Größe der Rüben zu reduzieren. In einem solchen Fall werden die Rüben zerlegt oder in Scheiben geschnitten, die allerdings möglichst dick bleiben müssen. Die Erfindung zeigt die Anwendung des CEHP an Zuckerrübenscheiben, die bei der Anwendung eines elektrischen Feldes mindestens folgend Maße haben müssen: 2 x 10 x 10 cm (in Würfelform) oder 2 x 10 cm (in Zylinderform) oder ähnliche Maße in jeder anderen beliebigen Form. Es ist anzumerken, dass die Größe der Zuckerrübenstücke von der Größe der für die CEHP-Behandlung verfügbaren Einrichtung abhängt.

Welche Rübengröße behandelt werden kann, hängt auch von der Feldstärke und der Homogenität des elektrischen Feldes ab, das erzeugt werden kann. Das Zerschneiden und Zerkleinern des Materials in Scheiben führt zur Freisetzung von bereits hohen Zuckermengen. Jedoch führt der Bruch der Vakuolen und der Membranen zu einer hohen Menge von zum Schluß verbleibenden Verunreinigungen im Zucker, und daher ist es vorzuziehen, die Rüben oder Rübenstücke möglichst groß zu halten.

Das elektrische Feld wird vorzugsweise in Form von Impulsen angelegt. Die Impulse betragen mindestens 0,5 kV und liegen vorzugsweise zwischen 0,5 und 40 kV/cm, wobei der exakte Wert vom Medium und vom Typ der eingesetzten Einrichtung abhängt. Mit Impulsen zwischen 1 und 4 kV/cm wurden gute Ergebnisse erzielt. Außerdem wurde festgestellt, dass die Impulse mit einer Frequenz von mindestens 5 Impulsen pro Sekunde oder in einer Gesamtzahl von 20 bis 45 Impulsen angewandt werden müssen. Werden schwache Spannungen angewandt, ist es ebenfalls möglich, die Zahl der Impulse auf 2000/Sekunden oder sogar mehr zu erhöhen.

Ein weiteres Ergebnis besteht darin, dass durch die CEHP-Behandlung die Zahl der lebensfähigen Mikroorganismen, die in der Zuckerlösung oder auf der Pulpe der Rübe wachsen, verringert wird. Dies hat den Effekt, dass das Produkt aus der CEHP-Behandlung vor der Kristallisation des Zuckers länger gelagert werden kann.

Die Erfindung hat außerdem zum Ziel, dass vor oder nach der CEHP-Behandlung zwischen 0,5 und 40 kV/cm eine Behandlung mit Impulsen im Bereich von 20 bis 70 kV/cm durchgeführt werden kann, um die Mikroorganismen zu inaktivieren, die sonst leicht auf dem Zucker oder den Rüben wachsen können. Die Inaktivierung von Mikroorganismen und die dazu erforderlichen Voraussetzungen wurden von Wouters, P.C. und J.P.P.M., Smelt in Food Biotechnology 11 (3) 193-229 (1997) untersucht.

Die CEHP-Behandlung wird während des Transports der Rüben in den Zuführungskanälen oder nach dem Waschen und/oder Zerkleinern der Rüben durchgeführt.

Die Kapazität des in diesen Versuchs eingesetzten Kondensators liegt zwischen 0,025 und 5,0  $\mu\text{F}$ . Die volltechnische Anwendung der Erfindung erfordert die Anpassung des Kondensators und des Impulsgenerators, und dies hängt von der Art der eingesetzten Einrichtung und vom Durchsatz des zu behandelnden Materials ab.

In Beispiel 1 wird gezeigt, dass der Grad der Permeabilisierung mit der Zahl und der Frequenz der Impulse, der Intensität der Impulse, der Kapazität des Kondensators und der Leitfähigkeit des Wässerungsmediums zunimmt. Die Temperatur und das Format der Rübe oder der Rübenscheiben spielen ebenfalls eine Rolle. Berücksichtigt man alle diese Parameter, bedeutet dies, dass die optimalen Werte eines Parameters vom festgelegten Wert der anderen Parameter abhängen.

Zur Erhöhung der Permeabilisierung an Stelle der Aufheizung des herkömmlichen Prozesses kann eine größere Zahl von Impulsen angewandt werden, und anstatt die Zahl der Impulse zu erhöhen, kann man ihre Intensität erhöhen. Alle diese Fälle ergeben ähnliche Ergebnisse.

Außerdem wird in Beispiel 1 gezeigt, dass der Grad der Permeabilisierung, die mit der CEHP-Behandlung (10 kV, 5  $\mu\text{F}$ , 20 Impulse, 1 Hz, 20°C) der gleiche ist wie der

Grad der Permeabilisierung, der mit einer Wärmebehandlung bei 72°C erreicht wird. Dies bedeutet, dass viel weniger Energi e einges tzt werden muss und dass die Dauer des Prozesses durch die Anwendung der CEHP-Behandlung beträchtlich v rkürzt wird. Die Messung des Gefüges zeigt, dass die CEHP-Behandlung zu einem glatteren Gefüge des Zuckerrübenprodukts führt.

Das CEHP-Verfahren kann bei jeder wünschenswerten Temperatur durchgeführt werden. Die Temperatur wird so gewählt, dass hohe Ausbeuten und Reinheiten bei gleichzeitig niedrigem Energiebedarf und kurzer Behandlungsdauer erzielt werden.

Das CEHP-Verfahren wird bei der Rüben- und Wassertemperatur durchgeführt, die zum Zeitpunkt der Zuckerextraktionskampagne herrscht. In der Praxis kann die Temperatur also zwischen 0°C oder einer Temperatur in der Nähe von 0°C durchgeführt werden, bei der das Material nicht gefriert, und einer Temperatur in der Nähe von 30°C.

Die nachfolgenden Extraktions- und Pressschritte werden bei derselben Temperatur durchgeführt, obwohl eine bis 45°C erhöhte Temperatur auch zu guten Ergebnissen führt. Es sind Temperaturen von bis zu 75°C möglich, welches die klassische Extraktionstemperatur ist. Doch in diesem letzten Fall geht ein Teil der Energieeinsparung, die durch das CEHP-Verfahren erzielt wird, wieder verloren.

Beispiel 2 zeigt, dass die CEHP-Behandlung vor dem Zerschneiden in Schnitzel nach der kontinuierlichen Extraktion zu einer etwas kleineren Saccharosemenge im Extraktionsmedium führt. Andererseits wird aus der Pulpe eine größere Flüssigkeitsmenge durch Druck extrahiert, so dass die Extrahierbarkeit die gleiche ist. Eine Extraktion in drei Etappen führt zu einer etwas höheren Extrahierbarkeit der mit CEHP behandelten Pulpe und zu einer größeren Saftgewinnung. Wenn die Schnitzel fein zerstampft werden, zeigt es sich, dass das mit CEHP behandelte Material fast vollständig extrahierbar wird.

Selbst nach nur einem Extraktionsschritt (Beispiel 4) zeigt es sich, dass die Extrahierbarkeit der mit CEHP behandelten Zuckerrüben größer ist als beim nicht behan-

delt n Material. Nach der CEHP-B handlung wird di Saccharos durch Pressen vi l schneller gewonnen, als wenn das Material nicht behandelt worden wäre.

Beispiel 6 zeigt, dass der Unterschied in der Extrahierbarkeit zwischen den mit CEHP behandelten Zuckerrüben und den nichtbehandelten sehr viel deutlicher ist, wenn die Schnitzel größer sind. Beispiel 7 bestätigt dieses Ergebnis bei einem einzigen Pressvorgang. Daraus folgt, dass das CEHP-Verfahren im allgemeinen zu einer Verbesserung der Extrahierbarkeit führt.

Man kann eine kleinere Anzahl an Extraktionsschritten und den Pressvorgang durchführen, um dieselbe Zuckermenge zu erhalten, oder man erhält eine größer Zuckermenge, wenn eine identische Behandlung durchgeführt wird. Man stellt fest, dass gute Ergebnisse zu erzielen sind, wenn nach dem Pressvorgang eine R - suspension und ein weiterer Pressvorgang folgen. Diese Vorgehen kann mehrmals wiederholt werden, wodurch eine höhere Ausbeute und natürlich eine geringere Menge Zucker in der verbleibenden Rübenpulp e übrig bleibt. In einem solchen Fall wird nach den Impulsen eines elektrischen Felds wie folgt behandelt. Das mit Impulsen von elektrischen Feldern behandelte Material wird wie folgt behandelt (Anm. d. Übers.: so steht es im Text):

- a) 5 Minuten lang pressen zwischen 20 und 50 bar,
- b) Resuspension des Materials in Wasser (1 : 1 p/p) und
- c) Wiederholung der Schritte a) und b) mindestens ein Mal.

Außerdem stellt man fest, dass die Resuspension in Wasser ebenfalls in einer kleineren Wassermenge möglich ist und dass dies zu ähnlichen Ergebnissen führen würde, sofern das nachfolgende Pressen bei einem höheren Druck stattfindet, der bis zu 300 bar betragen kann. In einem solchen Fall darf die für die Resuspension verwendete Wassermenge noch ein 1/4 der Menge betragen, die für das Pressen unter einem niedrigeren Druck verwendet wird.

In der Praxis erhält man zufriedenstellende Ergebnisse, wenn die vorbehandelten Zuckerrübenstücke ein Mal 15 Minuten lang unter 300 bar gepresst werden.

Man stellt fest, dass die mit CEHP vorbehandelten Zuckerrübenstücke genau so gut gepresst werden könnten wie die nichtbehandelten, fein zerkleinerten Rüben.

Obwohl man in manchen Fällen feststellt, dass die Extrahierbarkeit der Schnitzel nach einer CEHP-Behandlung schlechter geworden ist, sieht man auch, dass dieser Effekt durch die Verbesserung der Pressbarkeit weitgehend kompensiert wird. Insgesamt führt dies zu einem fast identischen Extraktionsgrad. Das in der Erfindung beschriebene Verfahren zur Behandlung von Zuckerrüben führt zur Extraktion einer mindestens gleichen Menge von Saccharose aus der Rübe, wenn man einen Vergleich zu herkömmlichen Extraktionsverfahren zieht, und es wird ebenfalls gezeigt, dass unter bestimmten Bedingungen die Saccharosemenge größer ist als die Menge, die man mit der herkömmlichen Extraktion erzielt. Allerdings geht das Verfahren schneller und erfordert viel weniger Energie. Das Verfahren der Erfindung erfordert eine Zeit von weniger als 1 bis 5 Sekunden und eine Energiezufuhr von etwa 12 kJ/kg. Erhöht man die Impulsfrequenz, erhält man die erforderliche Energiezufuhr viel schneller, und die Behandlungsdauer wird entsprechend verkürzt. Mit einer geeigneten Einrichtung ist es sogar möglich, bis zu 2000 Impulse/Sekunde anzuwenden. Die Behandlungstemperatur liegt zwischen 0 und 45°C, was viel weniger Energiezufuhr bedeutet als eine Aufheizung auf 75°C. Im übrigen erfordert die Aufheizung von 25 auf 75°C etwa 20 kJ/kg Wasser.

Die Gesamtwassermenge kann ebenfalls viel niedriger gehalten werden. Aus verfahrenstechnischer Sicht kann man das Transportwasser der Zuckerrüben als Medium verwenden, in dem die CEHP-Behandlung durchgeführt wird. Wenn nach der Behandlung die Rüben direkt gepresst werden, hält man die Wassermenge, in der die Saccharose gelöst wird, auf einem niedrigen Wasserstand. Die Leitfähigkeit des Mediums ist ebenfalls wichtig. Die Leitfähigkeit des Mediums muss unter der Leitfähigkeit der Zuckerrübe liegen, um den gewünschten elektrischen Effekt zu erzielen. Dazu ist es notwendig, das Wasser zu verdünnen oder bestimmte Salze beizugeben. Das Produkt hat eine höhere Reinheit, denn die Zellen sind durchlässiger geworden, ohne dass das Zellmaterial aufgebrochen wurde. Außerdem stellt man fest, dass nach der CEHP-Behandlung die Restpulpe viel rascher getrocknet werden kann als die wärmebehandelte Pulpe.

Aus den nachstehend wiedergegebenen Beispielen (siehe insbesondere die Tabellen 1, 2, 4, 9, 10 und 11) geht hervor, dass der Trockensubstanzanteil  $T_s$  (%) nach erfolgter CEHP-Behandlung höher ist als ohne eine solche Behandlung. Dies weist darauf hin, dass wenn die gepresste Restpulpel nach der Pressung getrocknet wird, die zu verdampfende Wassermenge kleiner ist und die Energiekosten folglich ebenfalls kleiner werden.

In den Anwendungen, in denen die trockene Pulpe notwendig ist oder für die eine Pulpe mit hohem Trockensubstanzanteil erforderlich ist, stellt dies einen erheblichen Vorteil dar. Dieser wird in Abbildung 22 verdeutlicht, wo man sieht, dass dank der CEHP-Behandlung 30% Saft mehr ausgepresst werden und dass die Trocknungszeit anschließend nur noch etwa halb so lang ist.

So zielt unter einem anderen Gesichtspunkt diese Erfindung auch auf ein Verfahren zur Erhöhung des Trockensubstanzanteils an Zuckerrübenpulpel ab, die nach einer Extraktion und/oder einem Pressvorgang erhalten wird, die dadurch gekennzeichnet ist, dass sie eine Etappe der Behandlung von Zuckerrüben oder Zuckerrübenstücken in Wasser mit Impulsen eines elektrischen Feldes umfasst.

### Experimentelles

#### I. Material

##### a) Zuckerrüben

Die in allen nachfolgenden Beispielen verwendeten Zuckerrüben sind im Dezember 1996 geerntet und bis Februar 1997 in einem Silo gelagert worden. Die Rüben wurden dann entweder sofort für kontinuierliche Experimente verwendet, oder gewaschen und während bis zu 6 Wochen bei 4°C bis zur Verwendung gelagert.

##### b) Generatoren von Impulsen von elektrischen Feldern

Die starken Impulse von elektrischen Feldern werden mit Hilfe einer Anlage ELSTERIL (Firma Herrfurt, Hamburg, Deutschland) erzeugt. Erzeugt werden Impulse mit den drei folgenden Komponenten: ein Hochspannungsgenerator (5 - 15 kV), 3

Kondensatoren von  $C = 0,5, 1,0$  oder  $3,5 \mu\text{F}$ , die auf Grund ihrer parallelen Schaltung additiv verwendet werden können, und ein Impulsgenerator für Impuls von  $1 - 22$  Hz. Die Messungen werden in Plexiglaswannen durchgeführt, in denen die Elektroden im Abstand von  $2$  oder  $3,8$  cm zueinander angeordnet sind.

### c) Sonstige Ausstattung

Zum Pressen der Pulpe wird eine Druckkolbenpresse vom Typ LM verwendet (Firma Seifert KG, Rastatt, Deutschland).

## II. Verfahrensschritte

### II.A. Extraktion

#### a) Kontinuierliche Extraktion

Für die direkte Extraktion werden die Zuckerrüben mit Leitungswasser gewaschen und in V-förmige Schnitzel geschnitten, die eine Länge von  $8$  bis  $12$  cm Seitenlängen von etwa  $5$  mm und eine Dicke von  $12$  mm aufweisen. Für die CEHP-Behandlung werden die Rüben zunächst in Würfel zerlegt ( $3,8 \times 10 \times 10 - 15$  cm) oder in Zylinder, diese werden mit elektrischen Impulsen beaufschlagt und dann in Schnitzel zerlegt. Die Standard-CEHP-Behandlung entspricht  $2$  kV/cm,  $5,0 \mu\text{F}$ ,  $20$  Impulse. Das Behandlungsmedium hat eine Leitfähigkeit von  $0,75$  ms/cm.

Die Extraktion wird in einer Extraktionskuvette durchgeführt, die bis zu  $15$  kg Material enthält. Bei den nicht behandelten Schnitzeln wird die Temperatur auf etwa  $75^\circ\text{C}$  hochgefahren, und die Extraktion läuft dann in etwa  $70$  Minuten ab. Im Denaturierungsabschnitt der Kuvette beträgt die Temperatur  $83 \pm 2^\circ\text{C}$ . Bei den mit CEHP behandelten Schnitzeln beträgt die Temperatur  $45^\circ\text{C}$ . Die Messungen werden an Saft durchgeführt, der die Kuvette zweimal passiert hat.

#### b) Extraktion in drei Stufen

Gewaschene Zuckerrüben werden in Schnitzel zerschnitten und sofort der Extraktion zugeführt, oder es werden zunächst Zuckerrübenwürfel mit CEHP behandelt und dann in Schnitzel geschnitten. Dann werden  $200$  g Schnitzel mit  $200$  ml destilliertem

Wasser (85°C) v. r. mischt, diese werden 5 Minuten lang auf etwa 85°C gehalten, nachdem die Temperatur in der Mitte der Schnitzel 80°C erreicht hat. Die erforderliche Zeit bis zum Erreichen einer Temperatur von 80°C in der Mitte hängt von dem Durchmesser der Schnitzel ab. In einem typischen Versuch beträgt diese Zeit etwa 15 Minuten. Danach wird die Pulpe von Hand gesiebt, und die Extraktion wird dreimal wiederholt. Für die zweite Extraktionsstufe wird die Flüssigkeit verwendet, die in der ersten Etappe gewonnen wurde. Die Flüssigkeit wird vorgewärmt. Nach der vierten Extraktion wird die Pulpe noch einmal mit Wasser extrahiert. Zur Durchführung der dritten Extraktionsstufe wird die Flüssigkeit der zweiten Stufe verwendet, und auch hier wird nach der vierten Extraktion die Pulpe mit Wasser extrahiert. Die Extrakte der dritten Stufe werden zu Analysezwecken verwendet. Die in drei Etappen extrahierte Pulpe wird unter 300 bar gepresst, und die Flüssigkeit wird bei -30°C gelagert, bevor sie analysiert wird.

Die mit CEHP behandelten Rüben werden auf die gleiche Weise behandelt, nur mit Ausnahme der angewandten Temperatur, denn das Verfahren wird bei 45°C anstatt bei 85°C durchgeführt.

Außer den oben beschriebenen Zuckerrübenschnitzeln und den in feine Schnitzel geschnittenen Rüben (1 mm x 1 mm x 50 mm) werden sowohl nichtbehandelte als auch mit CEHP behandelte feine Zuckerrübenschnitzel verwendet, und die Extraktion wird mit demselben Verfahren bei 20°C durchgeführt.

#### c) Extraktion in einem Schritt

600 g unbehandelte oder mit CEHP behandelte Rübenschnitzel werden mit 600 g destilliertem, 85°C heißem Wasser (unbehandelt) vermischt, um eine Extraktionstemperatur von 75°C zu erreichen. Bei den behandelten Rübenschnitzeln wird destilliertes Wasser mit 60°C hinzugegeben, um eine Extraktionstemperatur von 45°C zu erreichen, und die Extraktion wird wie bei der Extraktion in drei Schritten durchgeführt, wobei aber hier nur der erste Schritt erfolgt. Die Flüssigkeit wird zu Analysezwecken verwendet. Die Pulpe wird 15 Minuten lang bei 300 bar gepresst, sie wird dann in einen Wirbelschicht-Trockenapparat bei einer Luftgeschwindigkeit von 1,5 m/s und einer Lufttemperatur von 70°C getrocknet.



## II.B Pressen

### a) Dreimaliges Pressen

200 g nichtbehandelte oder mit CEHP behandelte Schnitzel werden 5 Minuten lang unter 20 bzw. 50 bar gepresst. Die Pulpe wird in Wasser (1:1 p/v) bei 20°C suspendiert, und nach 5 Minuten wird der Pressvorgang wiederholt. Nach einer dritten Pressung wird chemisch gebunden, und die Flüssigkeiten werden analysiert.

### b) Zweimaliges und einmaliges Pressen

500 g nichtbehandelte oder mit CEHP behandelte Schnitzel werden zunächst 5 Minuten lang unter 20 bar gepresst. Die Pulpe wird in 125 ml Wasser (20°C) resuspendiert, und nach 20 Minuten wird ein zweiter Pressvorgang 15 Minuten lang unter 300 bar durchgeführt.

Bei einem einzigen Pressschritt werden 500 g nichtbehandeltes oder mit CEHP behandeltes Material gepresst, wobei der Vorgang 15 Minuten lang bei 300 bar durchgeführt wird.

## III. Analyseverfahren

- Die lösliche Trockenmasse (Brix) wird nach der Methode IFU Nr. 8 ausgemessen.
- Der Saccharosegehalt wird polarimetrisch gemessen. Aufschluss durch das heiße Wasser: 26 g Schnitzel (unbehandelt) oder 60 g Schnitzel (extrahiert) werden mit 177 ml einer Bleiazetatlösung (25 ml Bleiazetat in 11 ml Wasser) vermischt, es wird umgerührt, und es wird extrahiert, wobei 30 Minuten lang das Gemisch in einem offenen Becherglas bei 75-80°C gehalten wird. Nach der auf 20°C und der Filterung wird die spezifische Drehung des Filtrats durch Polarimetrie bestimmt.
- Die Messung des Gefüges wird dann an zylindrischen Proben (2 x 1 cm) durchgeführt, die im Wasser durch ein einstündiges Verweilen bei 20, 45 oder 75°C behandelt werden. Die Messung des Gefüges erfolgt durch Penetrometrie.

In dem im experimentellen Teil verwendeten Tabellen haben die Abkürzungen folgende Bedeutung:

Ts (%) = Gehalt an Trockensubstanz (g/100 g) der nichtbehandelten Rübe oder der gepressten Rübe.

°S = Saccharosegehalt (g/100 g) der nichtbehandelten Rübe oder der gepressten Pulpe.

Gewicht (%) = Gewicht der Pulpe nach dem Pressen im Vergleich zur nichtbehandelten Rübe.

Gain rel. = relative Ausbeute (auf der Basis von 100 g Ausgangsrübenmaterial) =

$$[(WR \times SR) - (WP \times ^\circ SP)] / [WR \times ^\circ SR] \times 100$$

WR = Gewicht der unbehandelten Rübe (100 g)

°SR = Saccharosegehalt (g/100 g unbehandelte Rübe)

WP = Gewicht der gepressten Pulpe (in % der nichtbehandelten Rübe)

°SP = Saccharosegehalt (g/100 g der gepressten Pulpe).

Reinheit des Safts (%) = Reinheit (°S/Gewichtsprozent Trockensubstanz) x 100

°S = Saccharosegehalt im Rohsaft (g/100 g)

°Brix = Trockensubstanz im Rohsaft (g/100 g).

### Beispiele

#### Beispiel 1

#### Charakterisierung des Permeabilisierungsgrads der Zuckerrüben

Es werden zylinderförmige Schnitzel von Zuckerrüben (Durchmesser 2 cm und Länge 10 cm hergestellt, diese werden in die Wanne des Generators des elektrischen Feldes verbracht. Gemessen wird der Grad der Permeabilisierung in Abhängigkeit von der Spannung. In Abb. 1 stellt man fest, dass der Grad der Permeabilisierung zwischen 5 und 10 kV langsam steigt, und dann zwischen 10 und 15 kV schneller steigt.

Der Grad der Permeabilisierung steigt ebenfalls mit der Zahl der Impulse. Von 1 bis 5 Impulsen erfolgt die Zunahme sehr schnell, und bei mehr als etwa 20 Impulsen erreicht der Effekt ein Plateau (Abb. 2). Der Grad der Permeabilisierung wird außerdem durch den Kondensator beeinflusst; mit der Zunahme der Kapazität nimmt die Permeabilisierung zu (Abb. 3).

Eine Erhöhung der Frequenz der Impulse führt zu einer Erhöhung des Grads der Permeabilisierung, die zwischen 1 und 6 Hz sehr ausgeprägt ist und dann sich abschwächt (Abb. 4).

Die Permeabilisierung wird außerdem durch die Leitfähigkeit des Mediums beeinflusst. Insbesondere muss die Permeabilisierung zwischen 0,7 und 1,2 ms/cm durchgeführt werden (Abb. 5).

Der Grad der Permeabilisierung hängt von der Temperatur ab, bis 55°C erfolgt keine Permeabilisierung. Über dieser Temperatur nimmt der Grad der Permeabilisierung zu. In Abb. 6 sieht man, dass der Grad der Permeabilisierung, der mit der CEHP-Behandlung erhalten wird (10 kV, 5 µF, 20 Impulse von 1 Hz, 20°C) gleich dem Grad der Permeabilisierung ist, der mit einer Wärmebehandlung bei 72°C erhalten wird.

Die Messung des Gefüges zeigt, dass die CEHP-Behandlung bei den Zuckerrüben ein glatteres Gefüge ergibt (Abb. 7).

### Beispiel 2

#### Kontinuierliche Extraktion von Zuckerrübenschnitzeln

Die kontinuierliche Extraktion zeigt, dass die mit CEHP behandelten und bei 45°C extrahierten Schnitzel hinsichtlich der Möglichkeit einer Saccharose-Extraktion zu ähnlichen Ergebnissen führen wie die nichtbehandelten, bei 75°C extrahierten Schnitzel. Die Zuckerkonzentration in der Extraktionsflüssigkeit der mit CEHP behandelten Schnitzel liegt um 17% niedriger, während die Reinheit vergleichbar ist (Abb. 8). Die aus der Pulpe durch Pressen extrahierte Saftmenge liegt bei den mit CEHP behandelten Schnitzel um 14% höher (Abb. 9). Der Extraktionsgrad der behandelten Schnitzel ist fast identisch mit dem der nichtbehandelten Schnitzel (Tabel-

le 1): Obwohl die Extrahierbarkeit der behandelten Schnitzel geringer ist, ist die Pressbarkeit größer, so dass man insgesamt dieselbe Menge Zucker aus den Schnitzeln extrahieren kann.

Tabelle 1. Kontinuierliche Extraktion von Rübenschnitzeln

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	25,73	20,20	41,54	15,25	1,49	96,94	91,88
CEHP (45°C)	25,14	20,29	33,61	17,73	1,68	97,22	90,48

### Beispiel 3

#### Extraktion von Zuckerrübenschnitzeln in drei Schritten

Wie in Beispiel 2 wird der Einfluss der CEHP-Behandlung der Schnitzel auf den Trockensubstanzanteil in Gew.%, die Reinheit, der Saccharosegehalt (Abb. 10) und die Pressbarkeit (Abb. 11) bestimmt.

Tabelle 2. Extraktion von Zuckerrübenschnitzeln in drei Schritten

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	27,29	21,74	20,73	15,25	1,49	96,94	91,88
CEHP (45°C)	27,22	21,50	17,60	28,99	1,42	98,84	92,21

Wenn man dünne Schnitzel herstellt (1 mm x 1 mm x 10 cm), rechnet man damit, dass die Zellen mechanisch aufgebrochen werden. In Abb. 12 zeigt es sich, dass die mit CEHP behandelten Schnitzel dann fast vollständig extrahierbar sind (siehe auch Tabelle 3). Die Gewichtszunahme der nichtbehandelten Pulpe nach der Extraktion beweist, dass die nichtbehandelten Schnitzel nicht vollständig mechanisch destrukturiert werden.

riert werden. Die Zellen können Wasser durch Osmose aufnehmen, aber bei den mit CEHP behandelten Zellen ist dies nicht der Fall.

Tabelle 3. Extraktion von Zuckerrübenschnitzeln in drei Schritten (dünne Schnitzel).

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	23,48	19,72	46,53	27,25	5,80	86,31	90,14
CEHP (45°C)	24,75	18,76	13,86	32,35	1,44	98,94	90,32

#### Beispiel 4

#### Extraktion von Zuckerrübenschnitzeln in einem Schritt

Die extrahierte Saccharosemenge liegt bei den mit CEHP behandelten Schnitzeln nur leicht unter der der wärmebehandelten Schnitzel (75°C) (Abb. 13). Doch die Pressbarkeit ist etwa 22% besser (Tabelle 4).

Das Trocknen der gepressten Schnitzel ergibt, dass trotz der Tatsache, dass der Trockensubstanzanteil der gepressten, mit CEHP behandelten Pulpe höher ist als bei den nichtbehandelten Schnitzeln, die Charakteristiken des Trocknungsprozesses ähnlich sind. Dies führt zu einem schnelleren Trocknen der behandelten Schnitzel, und in Wirklichkeit wird die Trocknungszeit um bis zu 40% verkürzt (Abb. 14), was zu einer erhöhten Energieeinsparung führt.

Tabelle 4. Extraktion von Zuckerrübenschnitzeln in einem Schritt

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpen				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	29,61	21,89	28,03	19,18	2,23	97,14	87,40
CEHP (45°C)	29,61	21,89	21,59	24,50	2,30	97,73	91,80

### Beispiel 5 Drei Pressgänge

Um einen Saft mit hohem Trockensubstanzanteil zu erhalten, werden die mit CEHP behandelten Schnitzel dreimal leicht gepresst (20 oder 50 bar während fünf Minuten), wobei intermittierend Wasser zugemischt wird (1:1). Bei diesem Versuch wird beobachtet, dass die Saccharose zwei bis dreimal schneller gewonnen wird als bei den unbehandelten Schnitzeln (20°C). Außerdem liegt die Gesamtsaftmenge nur 40% über der Menge der Ausgangsschnitzel (Tabelle 5). Dies verdeutlicht den wirtschaftlichen Vorteil des jetzigen Verfahrens. Das im thermischen, herkömmlichen Verfahren extrahierte Material wird 15 Minuten lang unter 300 bar gepresst, dann wird es zu einem viel kleineren Trockensubstanzanteil eingetrocknet. Dies bedeutet nicht nur, dass der Prozess mehr Zeit in Anspruch nimmt, sondern auch, dass er viel mehr Energiekosten verursacht.

**Tabelle 5. Drei Pressgänge**

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpen				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	26,47	21,32	19,10	-	-	96,20	93,91
CEHP (45°C)	26,47	21,32	17,10	2,87	2,87	97,70	93,12

### Beispiel 6 Zwei Pressgänge

Abbildungen 16 bis 18 und Tabelle 6 bis 8 geben einen Gesamtüberblick über die Auswirkung von unterschiedlichen Materialgrößen von zu Schnitzeln zerkleinerten Zuckerrüben auf die Extraktion und das Pressen. Der Pressvorgang wird zweimal durchgeführt (20 bar, 5 Minuten und 300 bar, 15 Minuten) mit einer intermittierenden Resuspension des Materials in einem Viertel des Wasservolumens. Im Allgemeinen stellt man fest, dass die CEHP-Behandlung des Zuckerrübenmaterials zu einer erhöhten Saccharosegewinnung führt, verglichen mit einem unbehandelten Material.

derselben Größe. Bei abnehmender Größe wird die Wirkung der CEHP-Behandlung weniger ausgeprägt, aber der Effekt ist immer noch vorhanden und spricht für die CEHP-Behandlung.

Tabelle 6. Schnitzel (zweimal gepresst)

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	25,28	20,60	58,38	27,88	20,41	42,16	92,10
CEHP (45°C)	26,60	20,10	22,77	30,71	11,18	87,33	90,90

Tabelle 7. Dünne Schnitzel (zweimal gepresst)

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	25,70	19,73	55,41	-	18,14	49,06	89,45
CEHP (45°C)	25,70	19,73	15,03	37,63	6,40	95,12	92,64

Die Menge der bei den behandelten Rüben extrahierten Saccharose liegt in allen Fällen über der Menge beim nichtbehandelten Material. Bei den Schnitzeln betragen die Zahlen 88% gegenüber 42%, bei den dünnen Schnitzeln 95,2% gegenüber 49%, und beim zerstampften Material 98% gegenüber 89%. Bei einem zweimaligen Pressen erhält man einen Saft mit einem hohen Trockensubstanzanteil und eine Pulpe mit einem geringen Restsaccharoseanteil.

Tabelle 8. Feine Schnitzel (zweimal gepresst)

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärm. beh. (75°C)	26,47	21,32	19,77	31,98	11,40	89,43	86,10
CEHP (45°C)	24,29	19,72	13,50	36,75	3,62	97,52	92,00

**Beispiel 7****Einmaliges Pressen**

Die Ergebnisse eines einmaligen Pressvorgangs (30 bar, 15 Minuten) in Relation zur Größe der Schnitzel sind in Tabelle 9 - 10 und Abb. 19 bis 21 dargestellt. Die Ergebnisse ähneln denen, die mit einem zweifachen Pressvorgang erzielt werden.

**Tabelle 9. Schnitzel (einmaliges Pressen)**

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	25,44	19,86	67,86	26,39	18,44	36,99	95,97
CEHP (45°C)	28,12	21,97	30,76	34,46	20,20	71,72	93,12

**Tabelle 10. Dünne Schnitzel (einmaliges Pressen)**

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	26,00	19,05	56,07	29,88	19,95	41,28	91,42
CEHP (45°C)	26,94	21,41	19,36	38,59	15,76	84,28	90,73

**Tabelle 11. Feine Schnitzel (einmaliges Pressen)**

Behandlung	Rohmassen		Gepresste Pulpe				Saft
	Ts (%)	°S(g/100 g)	Gewicht (%)	Ts (%)	°S(g/100 g)	rel. Ausbeute (%)	Reinheit
Wärmebeh. (75°C)	25,35	18,78	23,54	35,50	16,40	79,44	95,00
CEHP (45°C)	26,84	20,31	16,65	38,80	13,94	88,57	90,18



**PATENTANSPRÜCHE**

1. Verfahren zur Extraktion von Zucker aus Zuckerrüben oder Stücken dieser Zuckerrüben, dadurch gekennzeichnet,
  - a) dass Zuckerrüben oder große Stücke dieser Rüben mit Impulsen eines elektrischen Feldes in Wasser behandelt werden,
  - b) dass die Zuckerrüben oder Stücke dieser Zuckerrüben extrahiert und/oder gepresst werden.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Zuckerrüben oder großen Stücke dieser Rüben während der Anwendung eines elektrischen Feldes mindestens die folgenden Maße haben: 2 x 10 x 10 cm (Würfelform) oder 2 x 10 cm (Zylinderform), oder ähnliche Maße in jeder beliebigen anderen Form.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Zuckerrüben oder großen Stücke dieser Zuckerrüben vor der Extraktion und/oder dem Pressen in Schnitzel zerkleinert und/oder zerstampft werden.
4. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Extraktion und/oder das Pressen bei einer Temperatur zwischen 0 und 45°C durchgeführt werden.
5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrische Feld aus starken Impulsen eines elektrischen Feldes von 0,5 bis 40 kV/cm und von 0,025 bis 5 µF und 1 bis 2000 Impulsen besteht.
6. Verfahren gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass vor oder nach der CEHP-Behandlung mit 0,5 bis 40 kV/cm eine Behandlung mit Impulsen von etwa 20 bis 70 kV/cm durchgeführt wird, um die Mikroorganismen zu inaktivieren.
7. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mit einem elektrischen Feld behandelte Material unter einem Druck zwischen 20 und 300 bar gepresst wird.

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das gepresst Material
  - a) in Wasser resuspendiert wird und
  - b) erneut unter 20 bis 300 bar gepresst wird und dass fakultativ
  - c) die Schritte a) und b) wiederholt werden.
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Resuspension in Schritt a) in Wasser mit 1:0,25 erfolgt (Rübenmaterial:Wasser (v/v)) und dass der Pressvorgang einmal 15 Minuten lang wiederholt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, das während des Transports der Rüben in den Zuführungskanälen oder nach dem Waschen und/oder Zerkleinern der Rüben durchgeführt wird.
11. Verfahren zur Erhöhung des Anteils an Trockensubstanz der Rübenpulpe, die nach der Extraktion und/oder dem Pressen erhalten wird, dadurch gekennzeichnet, dass es eine Etappe der Behandlung der Zuckerrüben oder Stücke dieser Rüben in Wasser mit Impulsen eines elektrischen Feldes enthält.

DOCKET NO: WSO-42499

SERIAL NO: \_\_\_\_\_

APPLICANT: D. Grill et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100